

19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift
10 DE 44 19 650 A 1

51 Int. Cl. 6:
B 60 K 28/10
B 60 K 28/16
B 60 T 8/32
B 62 D 6/00

21 Aktenzeichen: P 44 19 650.4
22 Anmeldetag: 4. 6. 94
43 Offenlegungstag: 13. 7. 95

DE 44 19 650 A 1

30 Innere Priorität: 32 33 31
10.01.94 DE 44 00 359.5

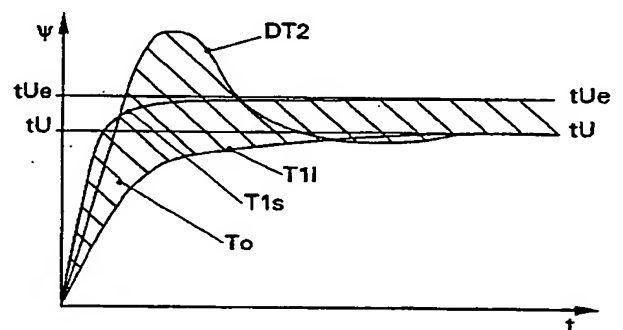
71 Anmelder:
Volkswagen AG, 38440 Wolfsburg, DE

72 Erfinder:
Witte, Bastian, Dipl.-Ing., 38118 Braunschweig, DE;
Babbel, Eckhard, Dipl.-Ing., 38100 Braunschweig, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Verfahren zum Erkennen eines querdynamisch kritischen oder regelungsbedürftigen Fahrzustandes sowie Vorrichtung hierfür

57 Zum Ausregeln eines querdynamisch kritischen Fahrzustandes (Schleudern) kann aus die Fahrdynamik beschreibenden Parametern, beispielsweise dem Lenkwinkel und der Fahrgeschwindigkeit, ein Toleranzband für einen dritten Parameter gebildet werden. Der dritte Parameter, beispielsweise die Querbewegung oder die Giergeschwindigkeit wird gemessen und mit dem Toleranzband, das den Sollwert darstellt, verglichen. Problematisch ist hierbei die Bildung des Toleranzbandes, da es einerseits so eng sein soll, daß eine kritische Fahrsituation erkannt wird und andererseits eine gewisse Breite benötigt, damit nicht bei unkritischen Fahrsituationen bereits eine ungewollte Regelung einsetzt. Erfindungsgemäß wird der Toleranzbereich von mehreren unterschiedlichen dynamischen Fahrzeugverhalten gebildet, wobei vorteilhaft mindestens eines der Fahrzeugverhalten als Differentialgleichung dargestellt wird. Hierdurch wird erreicht, daß der Toleranzbereich in seinem dynamischen Abschnitt breiter ist als in seinem quasistationären Abschnitt. Gegenüber einem \pm -Toleranzband hat dies den Vorteil, daß der Toleranzbereich enger wird mit zunehmender Erkennungsgenauigkeit des Fahrzustandes. Vorteilhaft wird bei der Rechnung eine Vielzahl der Faktoren in der charakteristischen Fahrgeschwindigkeit zusammengefaßt, die während des Fahrbetriebes bestimmt und in die Rechnung mit einbezogen wird. Hierdurch wird eine Vielzahl von Variablen (Reifendruck, Beladung) erfaßt. Die Erfindung findet ...



DE 44 19 650 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 05. 95 508 028/227

17/33

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Erkennen eines querdynamisch kritischen oder regelungsbedürftigen Fahrzeugzustandes durch Ermitteln mindestens dreier, die Fahrdynamik beschreibender Parameter, Bilden eines Toleranzbereiches aus mindestens zweien dieser Parameter für mindestens einen dritten dieser Parameter und Vergleich des mindestens einen dritten Parameters mit dem Toleranzbereich. Die Erfindung betrifft außerdem eine entsprechende Vorrichtung.

Aus der DE 35 45 715 C ist eine Einrichtung zur Vortriebsregelung an Kraftfahrzeugen bekannt, die zum Einhalten eines stabilen Fahrzustandes aus Lenkwinkel und Fahrgeschwindigkeit ein Toleranzband für einen dritten Parameter bildet. Der dritte Parameter ist die Differenz der Vorderraddrehzahlen, die Querbesehleunigung oder die Giergeschwindigkeit. Der Istwert des dritten Parameters wird mit dem Toleranzband, das den Sollwert darstellt, verglichen und eine eventuelle Differenz zur Bildung von Steuersignalen herangezogen. Eine Fahrstabilisierungseinrichtung soll dann einsetzen, wenn der Fahrzustand sich außerhalb des Toleranzbandes befindet. Dies ist speziell bei einer Fahrstabilisierungseinrichtung wichtig, die auf ABS basiert, da ein Eingriff eine Verringerung der Fahrgeschwindigkeit bewirkt, welche vom Fahrer als Ruck und damit als störend empfunden wird. Der Einsatz einer solchen Einrichtung ist daher auf kritische Fahrsituationen beschränkt. Problematisch ist deshalb die Bildung des Toleranzbandes, da ein solches Toleranzband einerseits so eng sein soll, daß eine kritische Fahrsituation erkannt wird, und andererseits eine gewisse Breite benötigt, damit nicht bereits bei unkritischen Fahrsituationen aufgrund der Toleranz der Meßwerterfassung bereits eine Regelung (ungewollt) einsetzt.

Um ein vernünftig enges Toleranzband zu ermöglichen, werden in ein sogenanntes lineares Fahrzeugmodell eine Vielzahl von Faktoren einbezogen, die allerdings ein permanentes Updaten erfordern, damit bei einer Änderung eines oder mehrerer dieser Faktoren auch das der Regelungseinrichtung zugrundeliegende lineare Fahrzeugmodell den neuen Verhältnissen angepaßt ist. Ein solches Verfahren ist aus der Dissertation Ekkehard Schwartz "Erkennung und Regelung querdynamisch kritischer bei der Kurvenfahrt von Pkw", TU Braunschweig, 1992, bekannt. Das Toleranzband für die Sollgiergeschwindigkeit wird hier erhalten durch Addieren eines Toleranzbandes von $\pm 2,87^\circ/\text{s}$ auf ein lineares Fahrzeugmodell, wobei die Faktoren c_{av} (Schräglauftsteifigkeit an der Vorderachse), c_{ah} (Schräglauftsteifigkeit an der Hinterachse), l_v (Abstand Vorderachse — Schwerpunkt), l_h (Abstand Hinterachse — Schwerpunkt), m (Fahrzeugmasse) und J_z (Gierträgheitsmoment) den jeweiligen Verhältnissen angepaßt werden. Da dieses Updaten sehr aufwendig ist, ist ein Serieneinsatz mit den bekannten Verfahren praktisch nicht möglich.

Eine mögliche Verbesserung bringt die in der DE 35 45 715 C beschriebene Anpassung des Toleranzbandes mit steigender Fahrgeschwindigkeit und größer werdendem Lenkwinkel. Aber auch diese Anpassung des Toleranzbandes bringt nicht die gewünschte Sicherheit eines Eingreifens der Regelung im wesentlichen nur bei querdynamisch kritischen Fahrzeugzuständen.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist daher ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Erkennen und ggf. Kompensieren eines querdynamisch kritischen oder re-

gelungsbedürftigen Fahrzeugzustandes, worin das Toleranzband und das sogenannte lineare Fahrzeugmodell derart aufeinander abgestimmt sind, daß querdynamisch kritische oder regelungsbedürftige Fahrzeugzustände mit einer guten Zuverlässigkeit erkannt werden.

Bei einem Verfahren der eingangs beschriebenen Art wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß der Toleranzbereich von mehreren unterschiedlichen dynamischen Fahrzeugverhalten gebildet wird. Die Aufgabe kann zusätzlich oder alternativ auch dadurch gelöst werden, daß der Toleranzbereich von mindestens zwei Funktionen bestimmt wird, die unterschiedliche dynamische Fahrzeugverhalten in Abhängigkeit von der Zeit beschreiben, und daß mindestens eine der Funktionen eine Differentialgleichung ist. Weiterhin zusätzlich oder alternativ wird die Aufgabe gelöst mit einem eingangs beschriebenen Verfahren, bei dem der Toleranzbereich einen quasistationären Abschnitt und einen dynamischen Abschnitt umfaßt, wobei der dynamische Abschnitt breiter ist als der quasistationäre Abschnitt.

All diesen Verfahren liegt zugrunde, daß nicht mehr ein einziges lineares Fahrzeugmodell, das sich beispielsweise in Form einer Differentialgleichung darstellen läßt, dem Toleranzband zugrundegelegt wird und letzteres durch Bilden einer \pm -Toleranz gebildet wird, sondern daß ein fahrzeugindividuell angepaßter Toleranzbereich zugrundegelegt wird, der im wesentlichen die normalen (möglichen) Fahrzustände abdeckt, nicht aber Schleuder- oder Driftzustände. Der erfindungsgemäße Toleranzbereich umfaßt daher einen dynamischen Bereich, der insbesondere zu Beginn einer Zeitachse liegt, und einen darauffolgenden stationären Bereich. Im Gegensatz zu einem \pm -Toleranzband ist erfindungsgemäß nun der dynamische Abschnitt breiter gewählt als der quasistationäre Abschnitt. Hierdurch werden in dem dynamischen Abschnitt verschiedene Fahrzeugzustände, wie beispielsweise ein träges Fahrzeug oder unterschiedlich beladene Fahrzeuge, Bereifung (z. B. Winterreifen), mit erfaßt, d. h. in diesem dynamischen Abschnitt fallen mehr Fahrzeugzustände als bei der Kompromißwahl eines \pm -Toleranzbandes. Der breitere dynamische Abschnitt kann beispielsweise empirisch bestimmt werden, besonders vorteilhaft ist aber eine Bestimmung des breiteren dynamischen Abschnitts mit einem oder beiden der oben beschriebenen Verfahren für die Bildung des Toleranzbereiches.

Wenn der Toleranzbereich von mehreren unterschiedlichen dynamischen Fahrzeugverhalten gebildet wird, dann wird beispielsweise ein langsames Verhalten, ein schnelles Verhalten und ein träges Verhalten miteinander verglichen und der Toleranzbereich zwischen diesen unterschiedlichen Fahrzeugverhalten gebildet. Die unterschiedlichen dynamischen Fahrzeugverhalten sind insbesondere ausgewählt aus der Gruppe unterschiedliche Fahrzeugbeladung (wie z. B. unterschiedliche Zuladungen, niedrigstes bzw. höchstes Fahrzeuggewicht sowie Verteilung der Beladung im Fahrzeug), unterschiedliche Bereifung (wie z. B. Sommerreifen, Winterreifen, unterschiedlicher Reifendruck) und der Elastizität in der Radaufhängung bzw. Lenkung. Vorteilhaft sind die unterschiedlichen dynamischen Fahrzeugverhalten als Differentialgleichungen dargestellt, da dies besonders genaue Rechenoperationen ermöglicht.

In der dritten Ausführungsform wird der Toleranzbereich von mindestens zwei Funktionen bestimmt, die unterschiedliche dynamische Fahrzeugverhalten in Abhängigkeit von der Zeit beschreiben, wobei mindestens eine der Funktionen eine Differentialgleichung ist. Vom

Toleranzband auf Basis eines linearen Fahrzeugmodells unterscheidet sich diese Ausführungsform dadurch, daß sich mindestens zwei Funktionen in mehr als nur einer \pm -Konstante voneinander unterscheiden, d. h. nicht durch Verschieben um einen konstanten Betrag aufeinander abbildbar sind. Wie oben wird durch das Berücksichtigen unterschiedlicher dynamischer Fahrzeugverhalten erreicht, daß Fahrzeugzustände noch als nicht regelungsbedürftig erfaßt werden, die beim Kompromiß des Toleranzbandes im linearen Fahrzeugmodell bereits als regelungsbedürftig angesehen werden.

Den oben beschriebenen Toleranzbereichen kann ein Toleranzband hinzugefügt werden, das durch Hinzufügen und/oder Abziehen einer Zusatztoleranz erhalten wird. Ein solches Toleranzband ist vorzugsweise deutlich kleiner als die bisher üblichen Toleranzbänder und liegt üblicherweise im Bereich von $1^\circ/\text{s}$ bis $2^\circ/\text{s}$. Bei der Bildung des Toleranzbereiches aus Funktionen ist das Toleranzband entsprechend auch durch Versetzen einer oder mehrere der Funktionen um eine Zusatztoleranz erhältlich. Das Toleranzband (die Zusatztoleranz) ist vorteilhaft abhängig vom Fahrzeugzustand, d. h. eine Funktion (bzw. ändert sich mit) der Fahrgeschwindigkeit, dem Lenkwinkel, dem Schwimmwinkel, der Querbeschleunigung und/oder der Giergeschwindigkeit bzw. mit entsprechenden einander bedingenden Parametern. Insbesondere wird das Toleranzband mit steigender Fahrgeschwindigkeit und/oder größer werdendem Lenkwinkel (und/oder entsprechend korrelierenden Parametern) enger (kleiner).

Bei einem durch Funktionen bestimmten Toleranzbereich ist es vorteilhaft, wenn mindestens zwei Funktionen Differentialgleichungen sind. Mit diesen lassen sich die unterschiedlichen dynamischen Fahrzeugverhalten für weitere Rechenoperationen sehr günstig beschreiben. Besonders vorteilhaft wird der Toleranzbereich durch drei oder vier, gegebenenfalls auch mehr, Differentialgleichungen bestimmt.

Bei all den Verfahren wird vorteilhaft mindestens eine der Funktionen bzw. mindestens eines der unterschiedlichen dynamischen Fahrverhalten derart festgelegt, daß ein stationärer Endwert erhalten wird. Hierdurch wird ein besonders einfaches Updaten, d. h. Anpassen einzelner Faktoren an den tatsächlichen Zustand, möglich. Dies erfolgt günstigerweise durch Bestimmen des stationären Endwertes in Abhängigkeit der charakteristischen Fahrgeschwindigkeit. Die charakteristische Fahrgeschwindigkeit wiederum kann während des Fahrbetriebs angepaßt werden, indem, wenn der Istwert des Fahrzustandes einem quasistationären Fahrzustand entspricht, die dem aktuellen Istwert entsprechende charakteristische Fahrgeschwindigkeit ermittelt wird.

Eine Vielzahl der Faktoren kann in der sogenannten "charakteristischen Fahrgeschwindigkeit" zusammengefaßt werden, aus der dann der stationäre Endwert des oben erwähnten dritten Parameters errechenbar ist. Hierdurch wird während des Fahrbetriebs ein einfaches Updaten einzelner Faktoren erreicht und das Toleranzband kann enger gewählt werden. Aufgrund der fahrzeugspezifischen und meßwerterfassungsspezifischen Toleranzen bestehen aber noch gewisse Probleme bei der Auslegung der Breite des Toleranzbandes, so daß das Updaten der Faktoren mittels der charakteristischen Fahrgeschwindigkeit vorteilhaft mit den obigen Verfahren kombiniert wird.

In einer bevorzugten Ausführungsform werden mindestens zwei der dynamischen Fahrverhalten und/oder mindestens zwei der Funktionen, die den Toleranzbe-

reich bestimmen, derart gewählt, daß sie unterschiedliche stationäre Endwerte haben. Hierdurch bilden die stationären Endwerte einen Toleranzbereich, der durch den quasiparallelen Verlauf der Endwerte in seiner Art den bisher bekannten Toleranzbändern entspricht. Dies ist hier ohne Einbußen in der Qualität des Erkennens kritischer oder regelungsbedürftiger Fahrzeugzustände möglich, da im stationären Bereich ein Regelungsverhalten grundsätzlich verhältnismäßig einfach zu bewerkstelligen ist.

Grundsätzlich ist es günstig, wenn mindestens eine der Funktionen bzw. mindestens ein dynamisches Fahrverhalten eine Grenzlinie ist, die ein von einem Fahrer als beherrschbar geltendes Fahrzeugverhalten beschreibt. Auch dies unterscheidet die vorliegende Erfindung vom Stand der Technik, in dem ein durchschnittliches Fahrverhalten gewählt wird und durch Beaufschlagen mit einem \pm -Toleranzband Grenzlinien erhalten werden, die einen Kompromiß hinsichtlich der Erfassung vieler Meßdaten und der Notwendigkeit einen akzeptablen Toleranzbereich zu bilden, darstellen.

Die dynamischen Fahrverhalten und/oder die Funktionen, die den Toleranzbereich bestimmen, unterscheiden sich vorteilhaft in mindestens einem Faktor, ausgewählt aus der Gruppe Zeitkonstante, Eigenfrequenz, Dämpfungsmaß. Außerdem ist es vorteilhaft, wenn mindestens ein dynamisches Fahrverhalten und/oder mindestens eine der Funktionen, die den Toleranzbereich bestimmen, ein träges Fahrzeugverhalten beschreibt, insbesondere eine niedrige Eigenfrequenz und/oder hohe Dämpfung. Vorteilhaft ergänzt wird diese Darstellungsart, wenn mindestens ein dynamisches Fahrverhalten und/oder mindestens eine der Funktionen, die den Toleranzbereich bestimmen, ein auf eine Lenkbewegung schnell reagierendes Fahrzeugverhalten beschreibt, insbesondere eine hohe Eigenfrequenz und/oder geringe Dämpfung. Diese Fahrverhalten bzw. Funktionen kennzeichnen einen Bereich für Fahrzeugzustände, der der Realität sehr nahe kommt. Dies wird auch erreicht, wenn mindestens zwei unterschiedliche dynamische Fahrverhalten unterschiedliche stationäre Fahrzeugmodelle beschreiben, insbesondere hinsichtlich der Beladung, der Beladungsverteilung, der Reifenart, des Luftdrucks, der Elastizität in der Radaufhängung und/oder Lenkung.

Als Parameter, die die Fahrdynamik beschreiben und zur Bildung eines Toleranzbereiches herangezogen werden, eignen sich insbesondere der Lenkradwinkel und die Fahrgeschwindigkeit, wobei die Fahrgeschwindigkeit beispielsweise auch durch die Raddrehzahl und der Lenkradwinkel durch den Radwinkel austauschbar ist. Als dritter Parameter läßt sich aus den ersteren vorteilhaft die Giergeschwindigkeit, die Querbeschleunigung und/oder der Schwimmwinkel bestimmen. Prinzipiell sind viele Parameter aber bekannte Beziehungen miteinander verknüpft, so kann z. B. statt des Schwimmwinkels auch der arctan des Quotienten aus Quergeschwindigkeit und Längsgeschwindigkeit und für die Giergeschwindigkeit der Raddrehzahlunterschied, insbesondere einer nicht angetriebenen Achse, eingesetzt werden. Die Differentialgleichungen, die in der vorliegenden Erfindung Verwendung finden, sind grundsätzlich vom Typ lineare Differentialgleichung mit konstanten Koeffizienten (Faktoren), z. B.

$$A \cdot x + B \cdot \dot{x} + C \cdot \ddot{x} = f(t);$$

gedämpfte Schwingungen. Eine typische für die vorlie-

gende Erfindung verwendbare Gleichung ist

$$\ddot{x} + 2 D \omega_0 \cdot \dot{x} + \omega_0^2 \cdot x = f(t)$$

Vorteilhaft wird die Ermittlung des Toleranzbereiches derart vorgenommen, daß stationäre Endwerte in Richtung Übersteuerung und Richtung Untersteuerung erhalten werden. Vorteilhaft werden hierzu aus Lenkradwinkel und/oder Radwinkel und Fahrgeschwindigkeit und/oder Raddrehzahl stationäre Endwerte der Grenzgiergeschwindigkeiten, Grenzquerbeschleunigungen und/oder der Grenzschwimmwinkel bestimmt. Hierbei ist es möglich, die Koeffizienten (Faktoren) der Differentialgleichungen so zu wählen, daß die stationären Endwerte in Richtung Übersteuerung und Richtung Untersteuerung, z. B. der Grenzgiergeschwindigkeit, aufeinanderfallen (identisch sind) oder nahe beieinanderliegen. Vorteilhaft werden hierbei auch die Endwerte in Richtung Übersteuerung und/oder Untersteuerung (gegebenenfalls unter Berücksichtigung eines zusätzlichen Toleranzbandes) auf den Wert begrenzt, der bei einem vorliegenden Fahrbahnreibwert möglich ist. Hierzu wird während des Fahrbetriebes der Fahrbahnreibwert ermittelt.

Wenn der Toleranzbereich von Funktionen bestimmt wird, dann ist vorteilhaft mindestens eine Funktion eine Differentialgleichung mindestens zweiter Ordnung; insbesondere sind mindestens zwei Differentialgleichungen erster Ordnung und mindestens eine, vorteilhaft zwei Differentialgleichungen mindestens zweiter Ordnung, die alle unterschiedliche dynamische Fahrverhalten beschreiben.

Mit der Änderung der Fahrdynamik, beispielsweise eine Änderung des Lenkradwinkels, ist es notwendig, den Toleranzbereich neu zu bestimmen. Um hierbei eine Änderung des Vorzeichens der Lenkradwinkelgeschwindigkeit, ggf. einer gefilterten Lenkradwinkelgeschwindigkeit, vorteilhaft zu berücksichtigen, können bei einem Rechenmodell, das mindestens zwei Differentialgleichungen mindestens zweiter Ordnung mit unterschiedlichen Dämpfungsmaßen beinhaltet (die den Toleranzbereich bestimmen), die Dämpfungsmaße beider Differentialgleichungen vertauscht werden. Hierdurch wird ein Überkreuzen der Differentialgleichungen vermieden. Vorzugsweise werden ein hohes Dämpfungsmaß und ein niedriges Dämpfungsmaß miteinander vertauscht. Vorteilhaft ist hierbei auch, wenn bei mindestens zwei der Differentialgleichungen mindestens zweiter Ordnung die Eigenfrequenzen gleich sind.

Eine andere Möglichkeit, den Toleranzbereich den gegebenenfalls geänderten, die Fahrdynamik beschreibenden Parametern anzupassen, ist die Neuberechnung mindestens einer der Differentialgleichungen. Hierzu wird, wenn der Istwert des dynamischen Fahrzeugzustandes innerhalb des Toleranzbereiches liegt, mindestens eine Differentialgleichung derart neu berechnet, daß diese von einem Punkt angenähert dem Istwert, vorzugsweise von dem Istwert selbst, weiter verläuft. Wenn der Istwert des dynamischen Fahrzeugzustandes außerhalb des Toleranzbereiches liegt, wird vorteilhaft mindestens eine Differentialgleichung derart neu berechnet, daß diese von einem Punkt angenähert dem Istwert, aber innerhalb des Toleranzbereiches liegend, vorzugsweise auf einer den Toleranzbereich oder das Toleranzband begrenzenden Funktion liegend, weiter verläuft. Alternativ oder zusätzlich kann die Differentialgleichung derart neu berechnet werden, daß diese von einem Punkt angenähert dem Istwert weiter verläuft, wobei der Punkt nur

soweit dem Istwert angenähert ist, vorzugsweise auf einer den Toleranzbereich oder das Toleranzband begrenzenden Funktion liegt, daß eine automatische Fahrzeugzustandsregelung in Richtung auf den Toleranzbereich oder das Toleranzband möglich ist. Bei all diesen Verfahren ist es besonders günstig, wenn mehrere, insbesondere alle Differentialgleichungen derart neu berechnet werden, daß diese von dem Punkt angenähert dem Istwert bzw. dem Istwert selbst weiter verlaufen. Hierdurch wird von dem Punkt ausgehend immer wieder ein neuer Toleranzbereich (Toleranzband) berechnet, wodurch die Probleme des \pm -Toleranzbandes weitgehend vermieden werden. Bei diesen Neuberechnungen mindestens einer Differentialgleichung ist es außerdem vorteilhaft, wenn mindestens eine Differentialgleichung mindestens zweiter Ordnung in ihrer Steigung der Steigung des Istwertes angenähert, vorzugsweise gleichgesetzt wird. Hierdurch erfolgt nochmals eine Anpassung des Toleranzbereiches (Toleranzbandes) an dem jeweils vorliegenden Fahrzeugzustand.

Besonders vorteilhaft erfolgt bei der vorliegenden Erfindung die Festlegung des Toleranzbereiches auf einem stationären Endwert, der in Abhängigkeit der charakteristischen Fahrgeschwindigkeit ist. Hierzu wird die charakteristische Fahrgeschwindigkeit während des normalen Fahrbetriebes ermittelt, d. h. dann, wenn der Fahrzeugzustand einem quasistationären Fahrzeugzustand entspricht, und dem Endwert zugrundegelegt. Auf diesen Endwert erfolgt dann die Berechnung des Toleranzbereiches, insbesondere wie sie oben beschrieben ist. Da die Ermittlung der charakteristischen Fahrgeschwindigkeit gewissen Streuungen unterworfen ist, wird vorzugsweise ein Mittelwert aus mehreren Messungen der charakteristischen Geschwindigkeit gebildet.

In einer Weiterbildung werden die oben beschriebenen Verfahren dahingehend verwendet, daß, wenn ein Istwert außerhalb des Toleranzbereiches ermittelt wird, eine den Fahrzeugzustand in Richtung auf den Toleranzbereich regelnde Einrichtung und/oder eine Signaleinrichtung aktiviert wird. Eine solche Fahrzeugzustandsstabilitätsregelung dient dazu, das Kraftfahrzeug unabhängig vom Fahrer in einen stabilen Fahrzeugzustand zu zwingen.

Vorteilhaft wird hierfür der Betrag und/oder seine zeitliche Ableitung, um welchen ein außerhalb des Toleranzbereiches liegender Istwert vom Toleranzbereich abweicht, als Eingangsgröße für eine Fahrzeugzustandsstabilitätsregelung benutzt. Vorzugsweise wird hierbei auch der Schwimmwinkel gemessen, der für die Aktivierung einer Fahrzeugzustandsstabilitätsregelung ein vorgegebenes Maß überschritten haben soll. Die Fahrzeugzustandsstabilitätsregelung wird vorzugsweise auf ein oder mehrere Stellglieder der Bremsanlage und/oder ein oder mehrere Leistungsstellglieder des Motors und/oder auf den Lenkwinkel der Vorder- und/oder Hinterräder.

Entsprechend betrifft die vorliegende Erfindung auch eine Vorrichtung zur Fahrzeugzustandsstabilitätsregelung, mit die Fahrdynamik ermittelnden Sensoren und mit einer Elektronikeinheit, welche die Ausgangssignale der Sensoren zu Steuersignalen, die eine Vortriebsregelung des Kraftfahrzeuges bewirken, umwandeln, wobei mittels der Sensoren mindestens drei, die Fahrdynamik beschreibende Parameter erfaßt werden, aus mindestens zweien dieser Parameter ein Toleranzbereich gebildet wird für mindestens einen dritten dieser Parameter und der mindestens eine dritte Parameter mit dem Toleranzbereich verglichen wird. Die Vorrichtung zeichnet sich dadurch aus, daß der Toleranzbereich von mehreren

unterschiedlichen dynamischen Fahrzeugverhalten gebildet wird, und/oder daß der Toleranzbereich von mindestens zwei Funktionen bestimmt wird, die unterschiedliche dynamische Fahrzeugverhalten in Abhängigkeit von der Zeit beschreiben, wobei mindestens eine der Funktionen eine Differentialgleichung ist, und/oder daß der Toleranzbereich einen quasistationären Abschnitt und einen dynamischen Abschnitt umfaßt, wobei der dynamische Abschnitt breiter ist als der quasistationäre Abschnitt, und/oder daß der Toleranzbereich einen stationären Endwert hat, der in Abhängigkeit der charakteristischen Fahrgeschwindigkeit ist, wobei, wenn der Istwert des Fahrzustandes einem quasistationären Fahrzustand entspricht, die dem aktuellen Istwert entsprechende charakteristische Fahrgeschwindigkeit ermittelt wird.

Die vorliegende Erfindung wird im folgenden anhand von Beispielen und Zeichnungen näher beschrieben.

Es zeigen

Fig. 1 eine Fahrzeugregelung gemäß dem Stand der Technik;

Fig. 2 eine erfindungsgemäße Fahrzeugregelung mit dynamischen Toleranzbändern;

Fig. 3 eine detaillierte Darstellung einer erfindungsgemäßen Fahrzeugregelung;

Fig. 4 eine Darstellung des dynamischen Toleranzbereiches nach einem Lenkradwinkelsprung;

Fig. 5 einen in Fig. 4 zum Zeitpunkt t1 neu berechneten Toleranzbereich;

Fig. 6 bis 8 weitere Darstellungen des Toleranzbereiches.

Das gemäß dem Stand der Technik (Fig. 1) erzeugte Toleranzband wird aus einem dynamischen Fahrzeugmodell, das als Differentialgleichung in der Regel zweiter Ordnung dargestellt ist und eine Vielzahl von Fahrzeugkoeffizienten sowie zwei Parameter der Fahrdynamik berücksichtigt, durch Hinzufügen eines \pm -Toleranzbandes gebildet. Die \pm -Toleranz ist verhältnismäßig groß (ca. 3°/s) und kann mit einzelnen Fahrzustandsparametern, z. B. der Geschwindigkeit und/oder des Lenkwinkels, schwanken. Ein Sensor ermittelt außerdem einen dritten Parameter der Fahrdynamik, beispielsweise die Giergeschwindigkeit, und gibt den Meßwert an eine Vergleichseinheit weiter, in der geprüft wird, ob der Meßwert des Sensors innerhalb des gebildeten Toleranzbandes liegt. Eine gegebenenfalls auszuregelnde Abweichung wird als Steuersignal weitergegeben.

In Fig. 2 wird nicht mehr ein dynamisches Fahrzeugmodell zugrundegelegt, sondern ein stationäres Fahrzeugmodell (das jeweilige Fahrzeug in einem stabilen Fahrzustand). Dieses stationäre Fahrzeugmodell ist ohne Zeitverhalten und enthält keine Differentialgleichungen, entsprechend ist es wesentlich unempfindlicher gegen Parameteränderungen. Als einziger Parameter wird für das stationäre Fahrzeugmodell die charakteristische Fahrgeschwindigkeit (Vch) ermittelt, die unterschiedliche Fahrzeugmodelle (jeweils das tatsächlich vorliegende), wie Beladung und Reifenänderungen, berücksichtigt. Die charakteristische Fahrgeschwindigkeit läßt sich durch Beobachtung des Fahrverhaltens bei konstanter Kurvenfahrt erfassen und anpassen, wobei vorzugsweise aus mehreren Meßwerten ein Mittelwert gebildet wird. Das dynamische Fahrverhalten wird durch einen Toleranzbereich abgedeckt, der aus zwei oder mehr Grenzlinien, die jeweils Differentialgleichungen sind, gebildet ist. Diese Differentialgleichungen werden derart gewählt, daß im wesentlichen alle normalen (unkriti-

schen) Fahrzustände bei im wesentlichen allen möglichen Fahrzeugkonfigurationen (beim betreffenden Fahrzeug mögliche Zustände) abgedeckt sind. Schleuderzustände, wie ein Überschreiten des Toleranzwertes Richtung Übersteuern oder Richtung Untersteuern liegen entsprechend im wesentlichen außerhalb des Toleranzbereiches. Die Toleranz für Steuertendenz wird derart berechnet, daß sie in ihrem stationären Bereich mit dem stationären Fahrzeugmodell übereinstimmt. Hierdurch werden dynamische Toleranzbänder erhalten, die unterschiedliche Fahrzustände besser berücksichtigen als \pm -Toleranzbänder.

Der verwendete Algorithmus basiert vorteilhaft auf der Giergeschwindigkeit Ψ (Drehgeschwindigkeit um die Hochachse), die von einem Sensor aufgenommen und mit der berechneten (z. B. aus Fahrgeschwindigkeit und Lenkradwinkel) verglichen wird.

Zur Berechnung kann von folgender Gleichung ausgegangen werden

$$\ddot{\Psi} + 2D\omega_0\dot{\Psi} + \omega_0^2\Psi = A_0\delta_1 + A_1\dot{\delta}_1$$

$\dot{\Psi}$ = Giergeschwindigkeit

D = Dämpfungsmaß

ω_0 = Eigenfrequenz

δ_1 = Lenkradwinkel

In den Koeffizienten D, ω_0 , A_0 und A_1 sind die Fahrzeugkennwerte enthalten.

Als Grenzlinien des dynamischen Toleranzbereiches wurden gewählt

- ein T1-Glied (Differentialgleichung erster Ordnung), dessen (geschwindigkeitsabhängige) Zeitkonstante so gewählt ist, daß sie dem langsamsten möglichen Fahrzeugverhalten entspricht;
- ein T1-Glied (Differentialgleichung erster Ordnung), dessen (geschwindigkeitsabhängige) Zeitkonstante so gewählt ist, daß sie dem schnellsten möglichen Fahrzeugverhalten entspricht; und
- ein DT2-Glied (Differentialgleichung zweiter Ordnung), dessen (geschwindigkeitsabhängige) Koeffizienten Eigenfrequenz und Dämpfungsmaß so gewählt sind, daß sie einem besonders trägen Fahrzeugverhalten entsprechen (geringe Eigenfrequenz und Dämpfung).

Die gebildeten Toleranzbereiche decken im wesentlichen jeden normalen Fahrzustand ab, nicht aber Schleuder- oder Driftzustände. Die Übersteuergrenze läßt DT2-typische Überschwinger zu, während die Untersteuergrenze auch ein träges Fahrzeug noch berücksichtigt. Die Grenzen Richtung Über- bzw. Untersteuerung können aus der vorherbestimmten charakteristischen Geschwindigkeit berechnet werden, z. B. +7 m/s für die Übersteuergeschwindigkeit und -10 m/s für die Untersteuergeschwindigkeit. Der Stationärwert wird üblicherweise auf den Wert begrenzt, der bei einer maximalen Querschleunigung von 10 m/s² erreicht werden kann; entsprechend kann auch die Untersteuergrenze begrenzt werden auf einen Wert, der bei einer

maximalen Querschleunigung von beispielsweise 8 m/s^2 erreicht werden kann.

Ein solcher Toleranzbereich T_0 (gestreift) ist in Fig. 4 dargestellt und setzt sich zusammen aus drei Differentialgleichungen. Eine Differentialgleichung zweiter Ordnung DT_2 berücksichtigt ein träges Verhalten und je eine Differentialgleichung erster Ordnung ein schnelles T_1 s bzw. langsames T_1 l Fahrzeugverhalten. Alle Differentialgleichungen nähern sich einem Toleranzwert Richtung Übersteuern t_{Ue} bzw. Richtung Untersteuern t_U , die aus dem ermittelten stationären Fahrzeugmodell gebildet werden.

Zum Zeitpunkt t_1 wird ein Toleranzbereich T_0' neu bestimmt, wobei verschiedene Auswahlkriterien getroffen werden (Fig. 3 und 5). Das Fahrzeugistverhalten iF liegt innerhalb des alten Toleranzbereiches T_0 (gestrichelt angedeutet) gemäß Fig. 4. Zum Zeitpunkt t_1 wird das T_1 l-Verhalten derart neu berechnet (T_1 l), daß es in seinem stationären Bereich sich dem näherliegenden Toleranzwert Richtung Übersteuern bzw. Untersteuern (hier Richtung Übersteuerung t_{Ue}) annähert. Die beiden anderen Differentialgleichungen, T_1 s-Verhalten und DT_2 -Verhalten, werden auf den entfernter liegenden Wert (hier Toleranzwert Richtung Untersteuern t_U) berechnet (T_1 s', DT_2'). Außerdem wird die neue DT_2' -Funktion in ihrer Steigung der Steigung des Istverhaltens iF in t_1 angepaßt. Hieraus ergibt sich der in Fig. 5 dargestellte neue Toleranzbereich T_0' .

Wenn der Istwert (iF) außerhalb des Toleranzbereiches (T_0) gelangt, erfolgt eine entsprechende Anpassung des neu berechneten Toleranzbereiches, ausgehend von der Grenzlinie (DT_2 , T_1 s oder T_1 l) des bestehenden Toleranzbereiches, die dem Istzustand am nächsten kommt. In Abhängigkeit der Lenkrichtung wird nun eine rechte und eine linke Grenze definiert. Der Betrag (oder auch eine Ableitung hiervon), um den der Istzustand außerhalb des zuvor bestimmten Toleranzbereiches liegt, kann nun für eine automatische Stabilisierung herangezogen werden. Im Falle einer Linkskurve wird entsprechend bei einem Schleudervorgang zur Stabilisierung kurvenaußen (also rechts) abgebremst, in diesem Fall ist die rechte Grenze die Übersteuergrenze und die linke Grenze die Untersteuergrenze. Bei einer Rechtskurve gilt dies entgegengesetzt.

Für das Eingreifen der automatischen Stabilisierung ist es zweckmäßig, wenn ermittelt wird, ob der Fahrer einen weiteren Giergeschwindigkeitsaufbau wünscht oder nicht. Dies kann z. B. am Vorzeichen der Lenkradwinkelgeschwindigkeit geschehen, oder aber man vergleicht den aktuell gemessenen Lenkradwinkel mit dem Lenkradwinkel, der an einem Ausgang eines Filters erster Ordnung (Eingang ist auch hier der aktuelle Lenkradwinkel) anliegt.

Eine weitere erfindungsgemäße Verfahrensweise ist in den Fig. 6 und 7 dargestellt. Wie oben werden aus der V_{ch} eine Übersteuergrenze (im folgenden stationäre rechte Grenze s_rG) und eine Untersteuergrenze (stationäre linke Grenze s_lG) berechnet. Sowohl für die rechte als auch für die linke Grenze werden zwei dynamische Übergangsverhalten berechnet, und zwar jeweils ein T_1 - und ein DT_2 -Verhalten (rT_1 , lT_1 ; rDT_2 ; lDT_2). Je nachdem, ob die jeweilige Seite die Über- oder die Untersteuergrenze darstellt, können die Koeffizienten der Differentialgleichungen gewählt werden.

Für das rDT_2 -Glieder ist für die Übersteuergrenze s_rG eine mittlere Dämpfung (z. B. $D = 0,5$) günstig, um ein kontrolliertes Überschwingen \ddot{U} zuzulassen. Ferner ist zweckmäßig, wenn A_1 einen nennenswerten hohen Anteil

besitzt, um ein schnelles Anwachsen des Sollwertes zu ermöglichen (damit ein schnell reagierendes Fahrzeug nicht sofort zu einem Verlassen des Toleranzbandes führt). Bei der Untersteuergrenze s_lG ist eine hohe Dämpfung in lDT_2 günstig, um auch träge Fahrzeuge (hohes Trägheitsmoment infolge Beladung) zu beinhalten. Ferner sollte A_1 gering gewählt werden. Die Wahl aller Faktoren orientiert sich daran, welche Fahrzeugreaktionen zugelassen werden sollen, d. h. welche dynamischen Übergangsverhalten das Fahrzeug zeigen darf. Sie sollten so gewählt werden, daß alle Beladungsmöglichkeiten mit enthalten sind. Da diese Faktoren unabhängig vom stationären Endwert sind, können sie vom Fahrzeughersteller bereits fest eingebaut werden, eine Identifizierung bzw. ein Abdaten ist nicht erforderlich.

Für das rT_1 -Glieder auf der Übersteuergrenze s_rG sollten die Koeffizienten so gewählt werden, daß der stationäre Endwert nach (t_a) dem Überschwinger des rDT_2 -Glieder nahezu erreicht ist. Durch Vergleich der DT_2 - und der T_1 -Glieder jeweils einer Seite wird die rechte bzw. linke Grenze des Toleranzbereiches T_0^* endgültig gesetzt und zwar derart, daß alle Maximalwerte aus rDT_2 und rT_1 die rechte Grenze rG und alle Minimalwerte aus lDT_2 und lT_1 die linke Grenze lG bilden. Die einzelnen Funktionen sind in Fig. 6 dargestellt, der resultierende Toleranzbereich T_0^* mit einem beispielhaften Fahrzeugistverhalten iF ist in Fig. 7 wiedergegeben. Zusätzlich kann eine weitere Toleranz, z. B. fahrgeschwindigkeitsabhängig, vorgesehen werden. Diese kann beispielsweise umgekehrt proportional zur Fahrgeschwindigkeit auf die rechte Grenze addiert und von der linken Grenze subtrahiert werden. In Fig. 7 sind auch die dynamischen Bereiche dB , dB' und quasistationären Bereiche qsB , qsB' dargestellt, wobei ersichtlich ist, daß die dynamischen Bereiche dB , dB' breiter sind (d , d') als (k , k') die zugehörigen quasistationären Bereiche qsB , qsB' .

In einer weiteren Ausführungsform (Fig. 8) werden alle Differentialgleichungen (gebildet analog Fig. 6) auf einen einzigen stationären Grenzwert sG (oder auf nahe beieinanderliegende stationäre Grenzwerte) berechnet. Diesen Kurven wird dann ein \pm -Toleranzband ($+T_b$, $-T_b$) überlagert.

Bei den Ausführungsformen gemäß Fig. 6 bis 8 werden bei einem Wechsel des Vorzeichens der Lenkradwinkelgeschwindigkeit (t_2) die Dämpfungen der beiden DT_2 -Kurven vertauscht. Hierdurch kommt der Überschwinger \ddot{U} zur jeweils anderen DT_2 -Kurve, wodurch wiederum weitgehend alle gewünschten Fahrverhalten im Toleranzbereich berücksichtigt sind.

Zusammenfassend enthält die vorliegende Erfindung folgende Vorteile:

- Der stationäre Endwert der Über- und Untersteuergrenze kann über die charakteristische Fahrgeschwindigkeit bestimmt werden. Hierdurch wird es unerheblich, woher die Änderung des Fahrverhaltens resultiert (z. B. Winterbereifung, Beladung). Nur die charakteristische Fahrgeschwindigkeit muß online identifiziert werden.
- Als dynamische Übergangsverhalten werden künstliche DT_2 - und T_1 -Verhalten auf die stationären Endwerte aufmoduliert.
- Die Koeffizienten für die Übergangsverhalten der rechten oder linken Seite hängen davon ab, ob diese Seite die Über- oder die Untersteuergrenze ist.
- Die Koeffizienten der Übergangsfunktionen werden im voraus vom Fahrzeughersteller so be-

stimmt, daß möglichst alle Beladungszustände erfaßt werden (Fahrzeug mit großem oder kleinem Trägheitsmoment).

— Die Differentialgleichungen können mit einfach zu handhabenden Variablen betrieben werden (ω_0 , D). Bei dem Linearmodell gemäß dem Stand der Technik führt eine Änderung, beispielsweise der Gewichtsverteilung, zu einer Änderung aller Koeffizienten der Differentialgleichung, wodurch ein Anpassen aller Parameter online erforderlich ist.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Erkennen eines querdynamisch kritischen oder regelungsbedürftigen Fahrzustandes durch Ermitteln mindestens dreier, die Fahrdynamik beschreibender Parameter, Bilden eines Toleranzbereiches aus mindestens zweien dieser Parameter für mindestens einen dritten dieser Parameter und Vergleich des mindestens einen dritten Parameters mit dem Toleranzbereich, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Toleranzbereich von mehreren unterschiedlichen dynamischen Fahrzeugverhalten gebildet wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die unterschiedlichen dynamischen Fahrzeugverhalten ausgewählt sind aus der Gruppe unterschiedliche Fahrzeugbeladung (Verteilung der Beladung und/oder Zuladung), unterschiedliche Bereifung, unterschiedlicher Reifendruck.
3. Verfahren zum Erkennen eines querdynamisch kritischen oder regelungsbedürftigen Fahrzustandes durch Ermitteln mindestens dreier, die Fahrdynamik beschreibender Parameter, Bilden eines Toleranzbereiches aus mindestens zweien dieser Parameter für mindestens einen dritten dieser Parameter und Vergleich des mindestens einen dritten Parameters mit dem Toleranzbereich, insbesondere nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Toleranzbereich von mindestens zwei Funktionen bestimmt wird, die unterschiedliche dynamische Fahrzeugverhalten in Abhängigkeit von der Zeit beschreiben, und daß mindestens eine der Funktionen eine Differentialgleichung ist.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß dem Toleranzbereich ein Toleranzband hinzugefügt wird, indem eine oder mehrere der Funktionen um eine Zusatztoleranz versetzt werden.
5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Zusatztoleranz eine Funktion der Fahrgeschwindigkeit und/oder des Schwimmwinkels und/oder der Quergeschwindigkeit ist.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens zwei Funktionen, die den Toleranzbereich bestimmen, Differentialgleichungen sind.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eines der unterschiedlichen dynamischen Fahrverhalten und/oder mindestens eine der Funktionen, die den Toleranzbereich bestimmen, einen stationären Endwert hat.
8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß der stationäre Endwert in Abhängigkeit der charakteristischen Fahrgeschwindigkeit bestimmt wird.
9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet,

zeichnet, daß, wenn der Istwert des Fahrzustandes einem quasistationären Fahrzustand entspricht, die dem aktuellen Istwert entsprechende charakteristische Fahrgeschwindigkeit ermittelt wird.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens zwei der dynamischen Fahrverhalten und/oder mindestens zwei der Funktionen, die den Toleranzbereich bestimmen, unterschiedliche stationäre Endwerte haben.

11. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens ein dynamisches Fahrverhalten und/oder mindestens eine der Funktionen eine Grenzlinie ist die ein von einem Fahrer als beherrschbar geltendes Fahrzeugverhalten beschreibt.

12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die dynamischen Fahrverhalten und/oder die Funktionen, die den Toleranzbereich bestimmen, sich in mindestens einem Faktor, ausgewählt aus der Gruppe Zeitkonstante, Eigenfrequenz, Dämpfungsmaß, unterscheiden.

13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens ein dynamisches Fahrverhalten und/oder mindestens eine der Funktionen, die den Toleranzbereich bestimmen, ein träges Fahrzeugverhalten beschreibt, insbesondere eine niedrige Eigenfrequenz und/oder hohe Dämpfung.

14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens ein dynamisches Fahrverhalten und/oder mindestens eine der Funktionen, die den Toleranzbereich bestimmen, ein auf eine Lenkbewegung schnell reagierendes Fahrzeugverhalten beschreibt, insbesondere eine hohe Eigenfrequenz und/oder geringe Dämpfung.

15. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens zwei unterschiedliche dynamische Fahrverhalten unterschiedliche stationäre Fahrzeugmodelle beschreiben, insbesondere hinsichtlich der Beladung, der Beladungsverteilung, der Reifenart, des Luftdrucks, der Elastizität in der Radaufhängung und/oder Lenkung.

16. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß aus Lenk-radwinkel und/oder Radwinkel und Fahrgeschwindigkeit und/oder Raddrehzahl stationäre Endwerte der Grenzgiergeschwindigkeiten, Grenzquerbeschleunigung und/oder Grenzschwimmwinkel in Richtung Übersteuerung und Richtung Untersteuerung bestimmt werden.

17. Verfahren nach Anspruch 16, sofern auf Anspruch 3 rückbezogen, dadurch gekennzeichnet, daß die Parameter der Differentialgleichung(en) so gewählt werden, daß stationäre Endwerte der Grenzgiergeschwindigkeit in Richtung Übersteuerung und Richtung Untersteuerung identisch sind oder nahe beieinanderliegen.

18. Verfahren nach Anspruch 16, sofern auf Anspruch 3 rückbezogen, dadurch gekennzeichnet, daß der Endwert Richtung Übersteuerung und/oder Untersteuerung der stationären Giergeschwindigkeit auf den Wert begrenzt wird, der bei einem vorliegenden Fahrbahnreibwert möglich ist.

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 18,

sofern auf Anspruch 3 rückbezogen, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eine der Funktionen, die den Toleranzbereich bestimmen, eine Differentialgleichung mindestens zweiter Ordnung ist.

20. Verfahren nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens zwei Differentialgleichungen erster Ordnung und mindestens eine, vorzugsweise zwei Differentialgleichungen mindestens zweiter Ordnung, die unterschiedliche dynamische Fahrverhalten beschreiben, als Funktionen zur Bestimmung des Toleranzbereiches verwendet werden.

21. Verfahren nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß zwei Differentialgleichungen mindestens zweiter Ordnung sind und unterschiedliche Dämpfungsmaße beinhalten, und daß bei einer Änderung des Vorzeichens der Lenkradwinkelgeschwindigkeit oder bei einer Änderung des Vorzeichens der Lenkradwinkelgeschwindigkeit an einem Ausgang eines Filters, insbesondere eines Filters 1. Ordnung, die Dämpfungsmaße beider Differentialgleichungen mindestens zweiter Ordnung vertauscht werden.

22. Verfahren nach Anspruch 20 oder 21, dadurch gekennzeichnet, daß eine Differentialgleichung mindestens zweiter Ordnung ein hohes Dämpfungsmaß und eine Differentialgleichung mindestens zweiter Ordnung ein niedriges Dämpfungsmaß hat.

23. Verfahren nach einem der Ansprüche 20 bis 22, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens zwei Differentialgleichungen mindestens zweiter Ordnung sind und deren Eigenfrequenzen gleich sind.

24. Verfahren nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß, wenn der Istwert des dynamischen Fahrzeugzustandes innerhalb des Toleranzbereiches liegt, mindestens eine Differentialgleichung derart neu berechnet wird, daß diese von einem Punkt angenähert dem Istwert, vorzugsweise von dem Istwert, weiter verläuft.

25. Verfahren nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß, wenn der Istwert des dynamischen Fahrzeugzustandes außerhalb des Toleranzbereiches liegt, mindestens eine Differentialgleichung derart neu berechnet wird, daß diese von einem Punkt angenähert dem Istwert, aber innerhalb des Toleranzbereiches liegend, vorzugsweise auf einer den Toleranzbereich oder das Toleranzband begrenzenden Funktion liegend, weiter verläuft.

26. Verfahren nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß, wenn der Istwert außerhalb des Toleranzbereiches liegt, mindestens eine Differentialgleichung derart neu berechnet wird, daß diese von einem Punkt angenähert dem Istwert weiter verläuft, wobei der Punkt nur soweit dem Istwert angenähert ist, vorzugsweise auf einer den Toleranzbereich oder das Toleranzband begrenzenden Funktion liegend, daß eine automatische Fahrzustandsregelung in Richtung auf den Toleranzbereich oder das Toleranzband möglich ist.

27. Verfahren nach einem der Ansprüche 24 bis 26, dadurch gekennzeichnet, daß alle Differentialgleichungen derart neu berechnet werden, daß diese von dem Punkt angenähert dem Istwert bzw. dem Istwert weiter verlaufen.

28. Verfahren nach einem der Ansprüche 24 bis 27, dadurch gekennzeichnet, daß eine Differentialgleichung mindestens zweiter Ordnung in ihrer Stei-

gung der Steigung des Istwertes angenähert, vorzugsweise gleichgesetzt wird.

29. Verfahren zum Erkennen eines querdynamisch kritischen oder regelungsbedürftigen Fahrzeugzustandes durch Ermitteln mindestens dreier, die Fahrdynamik beschreibender Parameter, Bilden eines Toleranzbereiches aus mindestens zweien dieser Parameter für mindestens einen dritten dieser Parameter und Vergleich des mindestens einen dritten Parameters mit dem Toleranzbereich, insbesondere nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Toleranzbereich einen quasistationären Abschnitt und einen dynamischen Abschnitt umfaßt, und daß der dynamische Abschnitt breiter ist als der quasistationäre Abschnitt.

30. Verfahren nach Anspruch 29, dadurch gekennzeichnet, daß die Verbreiterung des dynamischen Abschnitts eine Funktion des Fahrzeugzustandes ist, insbesondere des Lenkradwinkels, der Fahrgeschwindigkeit und/oder des Schwimmwinkels, ggf. in Abhängigkeit von der Zeit.

31. Verfahren nach Anspruch 30, dadurch gekennzeichnet, daß der breitere dynamische Abschnitt sich verengt, wenn keine Änderung des Lenkradwinkels erfolgt.

32. Verfahren nach einem der Ansprüche 29 bis 31, dadurch gekennzeichnet, daß dem quasistationären Abschnitt und/oder dem dynamischen Abschnitt ein Plus- und/oder Minus-Toleranzband überlagert wird, das ggf. abhängig ist vom Fahrzeugzustand, insbesondere von der Fahrgeschwindigkeit, dem Lenkwinkel, dem Schwimmwinkel, der Querbesehleunigung und/oder der Giergeschwindigkeit.

33. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zur Bestimmung des Toleranzbereiches der Lenkradwinkel und die Fahrgeschwindigkeit ermittelt werden.

34. Verfahren zum Erkennen eines querdynamisch kritischen oder regelungsbedürftigen Fahrzeugzustandes durch Ermitteln mindestens dreier, die Fahrdynamik beschreibender Parameter, Bilden eines Toleranzbereiches aus mindestens zweien dieser Parameter für mindestens einen dritten dieser Parameter und Vergleich des mindestens einen dritten Parameters mit dem Toleranzbereich, insbesondere nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Toleranzbereich einen oder mehrere stationäre Endwerte hat, der oder die in Abhängigkeit der charakteristischen Fahrgeschwindigkeit sind, und daß, wenn der Istwert des Fahrzeugzustandes einem quasistationären Fahrzeugzustand entspricht, die dem aktuellen Istwert entsprechende charakteristische Fahrgeschwindigkeit ermittelt wird.

35. Verfahren nach Anspruch 34, dadurch gekennzeichnet, daß ein Mittelwert aus mehreren Messungen der charakteristischen Fahrgeschwindigkeit zur Ermittlung des oder der stationären Endwerte verwendet wird.

36. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß, wenn ein Istwert außerhalb des Toleranzbereiches ermittelt wird, eine den Fahrzeugzustand in Richtung auf den Toleranzbereich regelnde Einrichtung (Fahrzustandsstabilitätsregelung) und/oder eine Signaleinrichtung aktiviert wird.

37. Verfahren nach einem der vorhergehenden An-

sprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Betrag und/oder seine zeitliche Ableitung, um welchen ein außerhalb des Toleranzbereiches liegender Istwert vom Toleranzbereich abweicht, als Eingangsgröße für eine Fahrzustandstabilitätsregelung benutzt wird. 5

38. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zur Aktivierung einer Fahrzustandstabilitätsregelung der Istwert des Fahrzeugzustandes außerhalb des Toleranzbereiches liegen und der Schwimmwinkel des Fahrzeugs ein vorgegebenes Maß überschritten haben muß. 10

39. Verfahren nach einem der Ansprüche 36 bis 38, dadurch gekennzeichnet, daß die Fahrzustandstabilitätsregelung auf ein oder mehrere Leistungsstellglieder des Motors und/oder auf ein oder mehrere Stellglieder der Bremsanlage und/oder auf den Lenkwinkel der Vorder- und/oder Hinterräder wirkt. 15 20

40. Vorrichtung zur Fahrzustandstabilitätsregelung, mit die Fahrdynamik ermittelnden Sensoren und mit einer Elektronikeinheit, welche die Ausgangssignale der Sensoren zu Steuersignalen, die eine Vortriebsregelung des Kraftfahrzeuges bewirken, umwandeln, wobei mittels der Sensoren mindestens drei, die Fahrdynamik beschreibende Parameter erfaßt werden, aus mindestens zweien dieser Parameter ein Toleranzbereich gebildet wird für mindestens einen dritten dieser Parameter und der mindestens eine dritte Parameter mit dem Toleranzbereich verglichen wird, dadurch gekennzeichnet, daß der Toleranzbereich von mehreren unterschiedlichen dynamischen Fahrzeugverhalten gebildet wird, und/oder daß der Toleranzbereich von mindestens zwei Funktionen bestimmt wird, die unterschiedliche dynamische Fahrzeugverhalten in Abhängigkeit von der Zeit beschreiben, wobei mindestens eine der Funktionen eine Differentialgleichung ist, und/oder daß der Toleranzbereich einen quasistationären Abschnitt und einen dynamischen Abschnitt umfaßt, wobei der dynamische Abschnitt breiter ist als der quasistationäre Abschnitt, und/oder daß der Toleranzbereich einen stationären Endwert hat, der in Abhängigkeit der charakteristischen Fahrgeschwindigkeit ist, wobei, wenn der Istwert des Fahrzeugzustandes einem quasistationären Fahrzeugzustand entspricht, die dem aktuellen Istwert entsprechende charakteristische Fahrgeschwindigkeit ermittelt wird. 25 30 35 40 45 50

41. Vorrichtung nach Anspruch 40, dadurch gekennzeichnet, daß, wenn der dritte Parameter außerhalb des Toleranzbereiches liegt, ein Ausgangssignal zur Steuerung der Räder und/oder des Fahrzeugmotors zur automatischen Fahrzustandsregelung gebildet wird. 55

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

60

65

- Leerseite -

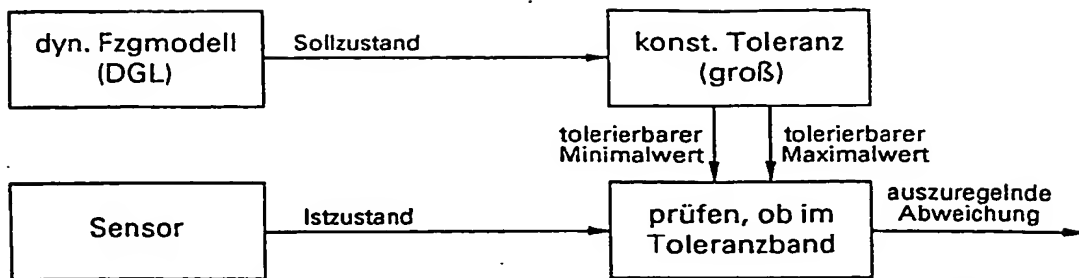


FIG 1

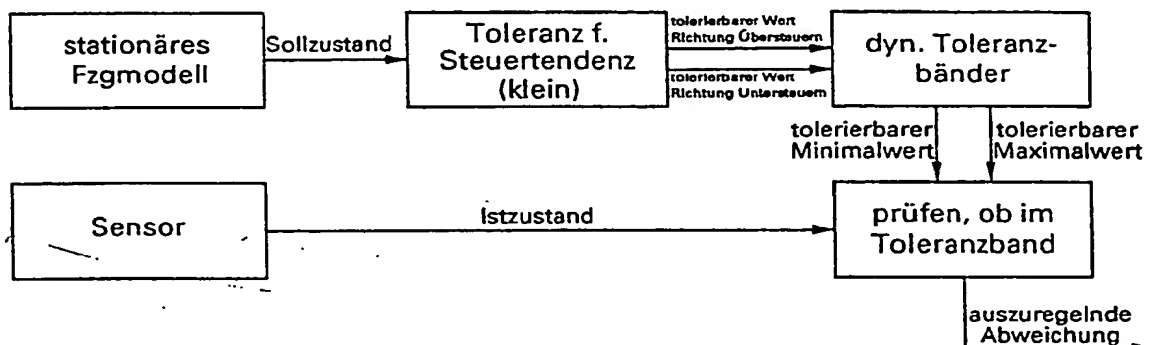


FIG 2

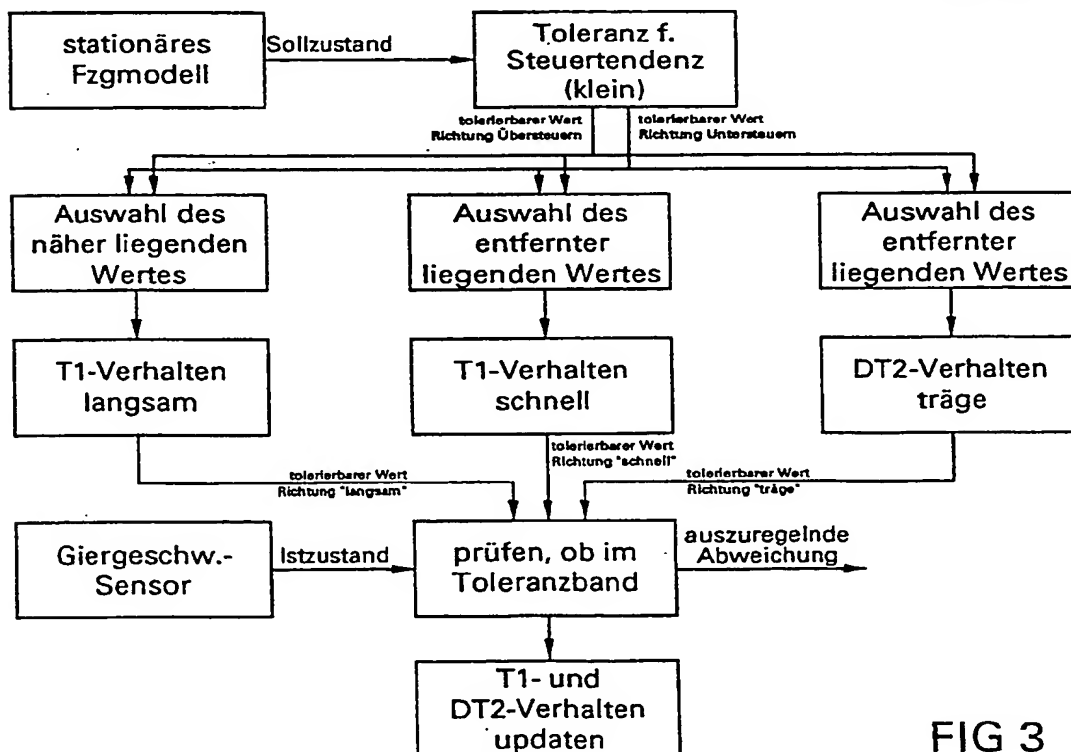


FIG 3

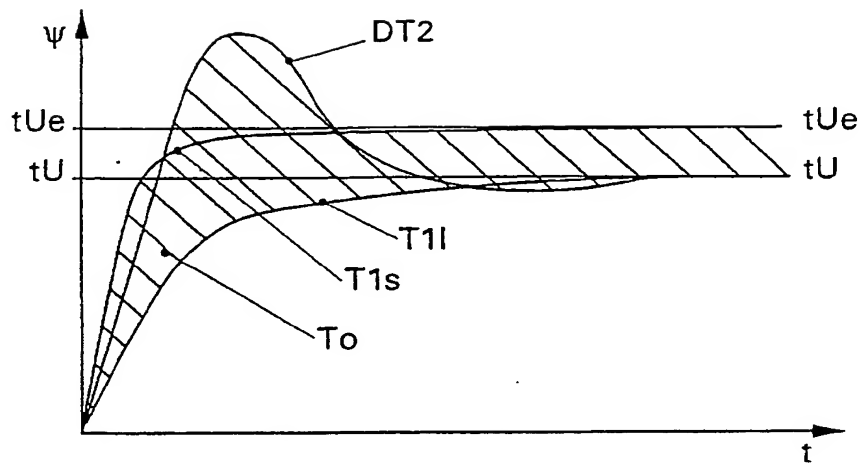


FIG 4

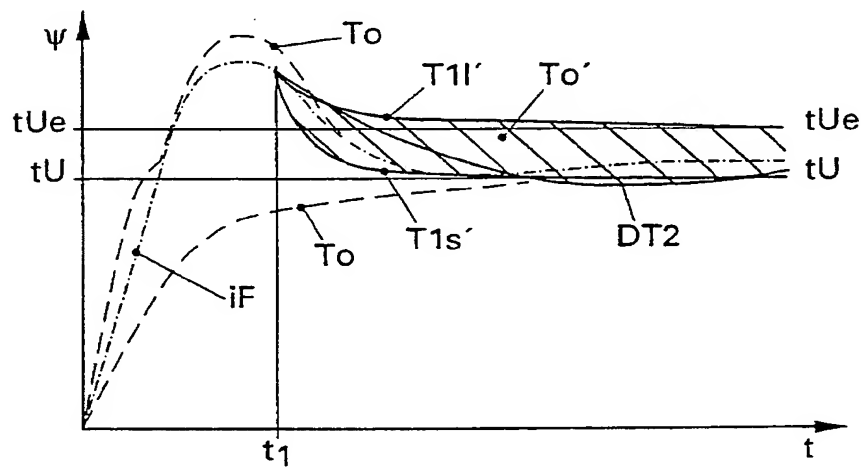


FIG 5

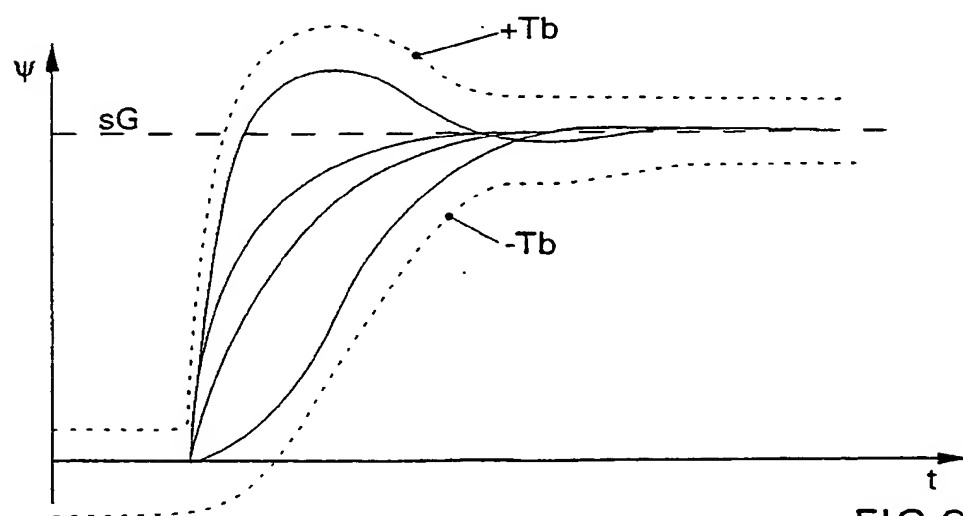


FIG 8

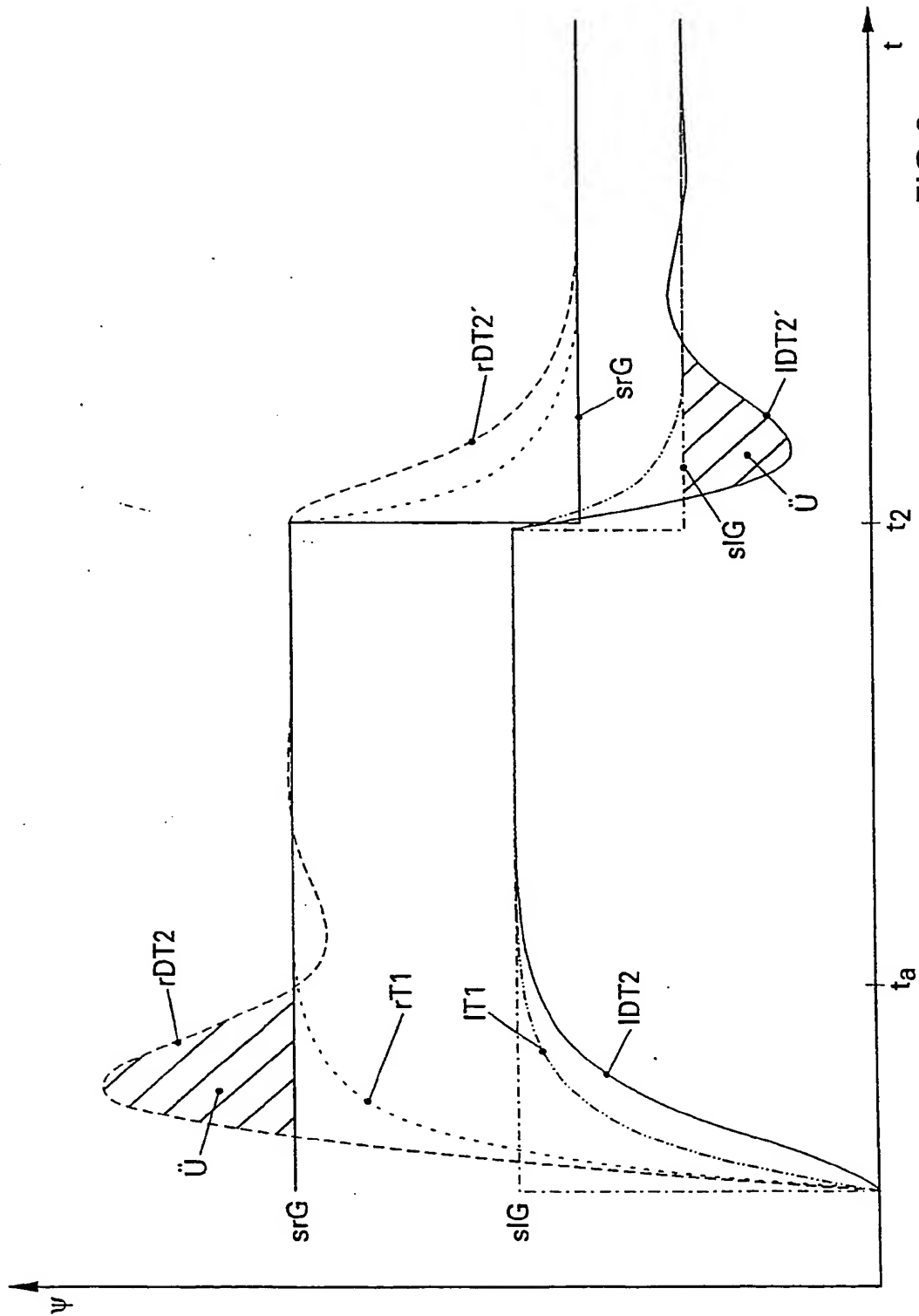


FIG 6

